

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-193598

(43)公開日 平成 6 年(1994) 7 月12日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

F 0 4 D 29/58

F 0 4 C 2/00

識別記号

G

庁内整理番号

8311-3H

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 4 頁)

(21)出願番号

特願平4-220428

(22)出願日

平成 4 年(1992) 8 月19日

(71)出願人 000004097

日本原子力研究所

東京都千代田区内幸町 2 丁目 2 番 2 号

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72)発明者 加藤 崇

茨城県那珂郡那珂町大字向山801番地の 1

日本原子力研究所那珂研究所内

(72)発明者 河野 勝巳

茨城県那珂郡那珂町大字向山801番地の 1

日本原子力研究所那珂研究所内

(74)代理人 弁理士 西澤 利夫

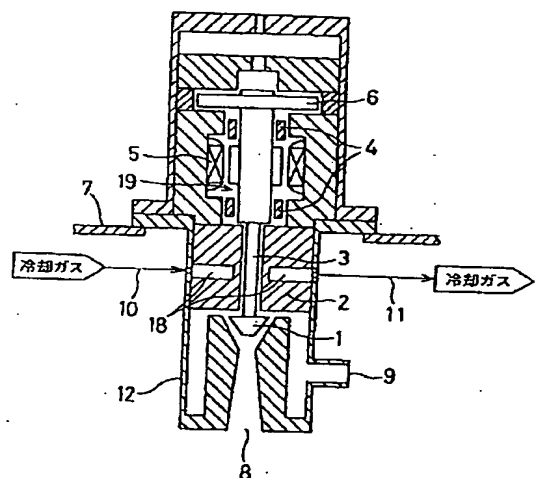
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 極低温回転機器

(57)【要約】

【目的】侵入熱を低減させ、断熱効率の向上した極低温回転機器を提供する。

【構成】インペラー 1 と、このインペラー 1 の背面部から軸受部 4、6 の間に挿入した断熱材 2 と、回転軸 3 の一部とをケーシング 1 2 内に収納し、かつ断熱材 2 の一部に、ケーシング 1 2 を貫通して液体窒素温度レベルまで冷却した、作動流体と同質の流体を供給し、前記断熱材 2 およびケーシング 1 2 を冷却する冷却ガス流路を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸の一端部に設けたインペラーを極低温領域で作動させるとともに、回転軸を支承する軸受部を液体窒素温度レベルよりも高い状態に保持する極低温回転機器において、インペラーと、このインペラーの背面部から軸受部の間に挿入した断熱材と、回転軸の一部とをケーシング内に収納し、かつ断熱材の一部に、ケーシングを貫通して液体窒素温度レベルまで冷却した、作動流体と同質の流体を供給し、前記断熱材およびケーシングを冷却する冷却ガス流路を形成してなることを特徴とする極低温回転機器。

【請求項2】 断熱材を冷却した流体を回転軸に沿って軸受方向へ導き、かつその一部を軸受室内を介して外部へ排出させる冷却ガスラインと、他の一部を軸受室の手前より外部へ排出させる別の冷却ガスラインとを各々形成してなる請求項1の極低温回転機器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、極低温回転機器に関するものである。さらに詳しくは、この発明は、超臨界ヘリウムで強制冷却を行う超臨界ヘリウム循環装置等に使用される低温排気ポンプ、超臨界ヘリウムポンプなどの極低温回転機器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、超臨界ヘリウム循環装置用の極低温回転機器については、各種のものが提供されてきており、たとえば、4 K～4.2 Kのヘリウムを作動流体とし、インペラーを回転させることにより作動流体を昇圧させるポンプがこれまでに知られている。

【0003】このような極低温回転機器においては、軸受部の温度レベルを常温とし、インペラー背面部と軸受（ジャーナル軸受）部との間に断熱板を設け、低温側へ熱が侵入するのを防いでいる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の極低温回転機器は、一般に、比較的小型のものが多く、現在のところ国内最大の処理流量の低温排気ポンプでも、その理論軸動力は350 W程度に留まっている。このため、外部から低温側への侵入熱量が断熱効率に大きく影響し、たとえば前述の低温排気ポンプの場合には、侵入熱量 $QL$ を50 Wと仮定すると、流量 $W$ は130 g/sであることから、単位流量当りのエンタルピ上昇 $\Delta i$ は、次式より0.385 J/gとなる。

【0005】

【数1】

$$\Delta i = \frac{QL}{W}$$

【0006】理論エンタルピ上昇は、2.676 J/gであるため、仮に侵入熱がない場合の断熱効率を0.7とすると、実際のエンタルピ上昇は2.676 / 0.7 = 3.823 J/g

gとなる。侵入熱（50 W）の場合は、エンタルピ上昇が3.823 + 0.385 = 4.208 J/sとなり、断熱効率 $\eta_{ad}$ は、

【0007】

【数2】

$$\eta_{ad} = \frac{2.676}{4.208} = 0.636$$

【0008】となる。すなわち、侵入熱（50 W）の影響で6.4 %効率が下がったことになる。一方、侵入熱量は、軸受側温度とインペラー側温度の温度差、熱伝導部の面積および熱伝導部の長さ（温度勾配のついている軸方向長さ）に比例する。熱伝導部の面積は、設計仕様からインペラー外径が決まれば、全体の大きさが決まるので改善の余地は少ない。また、熱伝導部の長さを長くすると、回転軸長さが長くなり、回転軸の共振点が下がるため、これについても制限がある。

【0009】この発明は、以上の通りの事情に鑑みてなされたものであり、従来の極低温回転機器の欠点を解消し、侵入熱を低減させ、断熱効率の向上した極低温回転機器を提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記の目的を実現するために、回転軸の一端部に設けたインペラーを極低温領域で作動させるとともに、回転軸を支承する軸受部を液体窒素温度レベルよりも高い状態に保持する極低温回転機器において、インペラーと、このインペラーの背面部から軸受部の間に挿入した断熱材と、回転軸の一部とをケーシング内に収納し、かつ断熱材の一部に、ケーシングを貫通して液体窒素温度レベルまで冷却した、作動流体と同質の流体を供給し、前記断熱材およびケーシングを冷却する冷却ガス流路を形成してなることを特徴とする極低温回転機器を提供する。

【0011】

【作用】この発明の極低温回転機器においては、作動流体と同質の流体を液体窒素温度レベル（80 K）まで下げ、これを断熱材の一部へ供給することにより、断熱材およびこの断熱材を収納するケーシングを冷却することができる。断熱材とインペラーとの間の温度差が小さくなり、インペラー側への侵入熱量が低減される。

【0012】また、断熱材およびケーシングを冷却した流体を回転軸の外径に沿って軸方向へ流すことにより、回転軸や軸受室内も冷却され、軸受部での発熱等を抑止し、所定の温度に保持することが可能となる。

【0013】

【実施例】以下図面に沿って実施例を示し、この発明の極低温回転機器についてさらに詳しく説明する。図1は、この発明の極低温回転機器の一実施例を示した断面図である。この図1の例においては、インペラー（1）を一端部に装着した回転軸（3）の中央部および他端部

を、たとえば動圧型ガス軸受等のジャーナル軸受(4)およびスラスト軸受(6)により支承している。また、回転軸(3)の駆動源として駆動用電動機(5)を配設している。これらのジャーナル軸受(4)、スラスト軸受(6)および電動機(5)については、それらの軸受性能と電動機の耐寒温度の制限内(例えば-10℃以内)で使用することができる。

【0014】たとえばHe等の極低温状態の作動流体は、入口ノズル(8)より流入し、インペラー(1)で昇圧された後、出口ノズル(9)より外部へ排出される。インペラー(1)の背面部とジャーナル軸受(4)との間には、断熱材(2)を挿入しており、軸受部(4)(6)側からインペラー(1)側への侵入熱を抑止している。この断熱材(2)の一部には、その全周にわたって溝部(18)が設けられており、液体窒素温度レベル(80K)付近まで冷却された、たとえばHeガス等の冷却ガスが供給される。この冷却ガスの供給は、インペラー(1)、断熱材(2)および回転軸(3)の一部を収納する深冷ケーシング(12)に設けた冷却ガス入口(10)を介して行われる。冷却ガスは、断熱材(2)およびこの断熱材(2)を収納している深冷ケーシング(12)を冷却し、冷却ガス出口(11)より外部へ排出される。

【0015】またこの例においては、インペラー(1)側のHe等の作動流体および軸受室(19)側との間に、冷却ガスの出入が発生しないような気密構造としてもいる。これによって、作動流体側の条件に関係せず、冷却ガスの圧力、流量等を調整自在とすることができる。なお、極低温回転機器の本体は、この図1に例示した保冷容器取付面(7)上に取り付けられる。

【0016】以上からも明らかであるように、この保冷容器取付面(7)より下部は低温となり、上部は大気に触れているので常温となる。たとえば以上の構成とすることにより、断熱材(2)および深冷ケーシング(12)を液体窒素温度レベル(80K)まで冷却することができ、軸受室(19)側とインペラー(1)側の温度差を、常温(20℃)の場合に比べ、

【0017】

【数3】

$$\frac{80}{293-4} = 0.277$$

【0018】倍にすることができ、侵入熱の低減が図れる。図2は、この発明の極低温回転機器の別の例を示した断面図である。この図2の例においては、溝部(18)を断熱材(2)の外周および内周の両方に設けている。冷却ガス入口(10)より供給されたHe等の冷却ガスは、断熱材(2)およびこの断熱材(2)を収納する深冷ケーシング(12)を冷却した後に、回転軸(3)の外周に沿って流れ、その一部は、軸受室(19)を通り冷却ガス出口(15)より外部へ排出され

る。冷却ガスは、軸受室(19)を通過する際に、ジャーナル軸受(4)、スラスト軸受(6)および電動機(5)の発熱量を吸収することができる。

【0019】またこの例においては、軸受室(19)内の温度が、所定の温度以下にならないように温度計(13)を設け、この温度計(13)の信号により、温度調整弁(14)を作動させるようにしている。回転軸(3)の外周に沿って流れた、他の一部の冷却ガスは、冷却ガス出口(11)から外部へ排出される。この時、冷却ガスが、インペラー(1)側に洩れ込むと侵入熱の増加となるので、この例においては、インペラー(1)の出口圧力と冷却ガスの供給圧力を測定する差圧計(16)を設けてもいる。この差圧計(16)の値が所定の圧力となるように、差圧調整弁(17)を作動させ、冷却ガスがインペラー(1)側へ洩れ込むのを防止している。

【0020】たとえば以上の構成により、断熱材(2)、深冷ケーシング(12)および回転軸(3)が、液体窒素温度レベルまで冷却されるため、侵入熱の低減が図れる。また、軸受部(4)(6)および電動機(5)の温度上昇を効果的に抑えることが可能となる。その結果、電動機(5)に関しては、外部から冷却水等で冷却する必要などがなくなる。

【0021】もちろんこの発明は以上の例によって限定されることはない。細部については様々な態様が可能なことはいうまでもない。

【0022】

【発明の効果】以上詳しく説明した通り、この発明によって、侵入熱が低減した、高効率の極低温回転機器が提供される。回転軸も冷却可能となり、侵入熱をさらに低減させることができる。軸受室内の軸受部および電動機の発熱を抑えることも可能となり、外部よりこれらの部位を冷却水で冷却する等の設備が不要となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の極低温回転機器の一実施例を示した断面図である。

【図2】この発明の別の例を示した断面図である。

【符号の説明】

1 インペラー

2 断熱材

3 回転軸

4 ジャーナル軸受

5 駆動用電動機

6 スラスト軸受

7 保冷容器取付面

8 作動流体入口ノズル

9 作動流体出口ノズル

10 冷却ガス入口

11 冷却ガス出口

12 深冷ケーシング

(4)

特開平6-193598

5

6

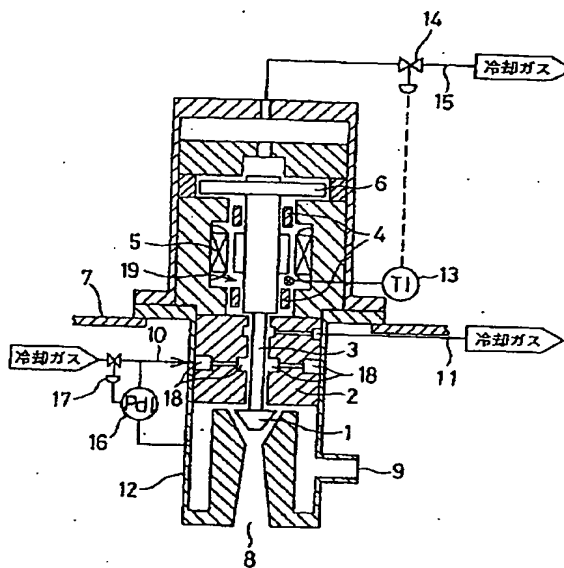
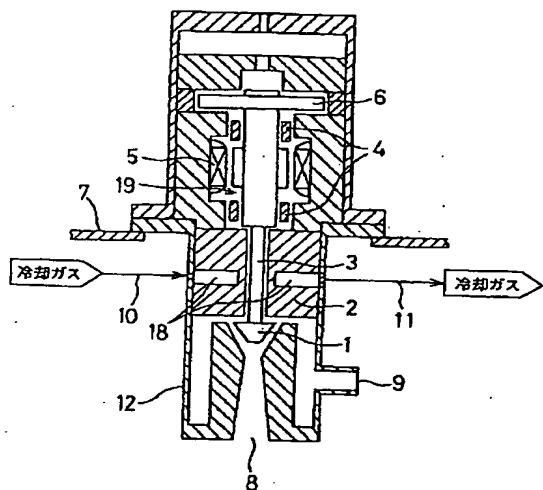
- 13 温度計
- 14 温度調整弁
- 15 冷却ガス出口
- 16 差圧計

- \* 17 差圧調整弁
- 18 溝部
- 19 軸受室

\*

【図1】

【図2】



フロントページの続き

- (72)発明者 桧山 忠雄  
茨城県那珂郡那珂町大字向山801番地の1  
日本原子力研究所那珂研究所内
- (72)発明者 吉田 純  
山口県下松市東豊井794番地 株式会社日  
立製作所笠戸工場内

- (72)発明者 岡本 和夫  
山口県下松市東豊井794番地 株式会社日  
立製作所笠戸工場内
- (72)発明者 原田 進  
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
立製作所機械研究所内
- (72)発明者 松本 孝三  
山口県下松市東豊井794番地 株式会社日  
立製作所笠戸工場内